

УДК 621.432

## НЕПОСРЕДСТВЕННЫЙ ВПРЫСК ТОПЛИВА МНОГОИГОЛЬНОЙ ФОРСУНКОЙ В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ДВС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CAE/CAD-СИСТЕМ

© 2013 В. В. Бирюк, С. С. Каюков, А. А. Горшкалёв,  
Д. А. Угланов, Ю. Д. Лысенко, В. А. Звягинцев

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Статья посвящена построению модели камеры сгорания с распылителем многоигольной форсунки четырехтактного четырехцилиндрового двигателя внутреннего сгорания. 3D-модель выполнена в программных комплексах ANSYS SolidWorks и Gambit. Модель экспортирована в ANSYS Fluent для расчётов процессов впрыска топлива.

*Проектирование ДВС, CAD/CAE-системы, конечно-элементная сетка, граничные условия, топливо, впрыск.*

В системах топливоподачи современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в последнее время широко используются форсунки, изменяющие мгновенный расход топлива за счёт изменения давления перед распыливающими отверстиями. Общая площадь распыливающих отверстий при этом остается постоянной. В результате для обеспечения необходимого расхода и качества распыла топлива не остаётся иного выхода, как повышать рабочее давление, что, в свою очередь, требует решения новых проблем при создании соответствующих конструкций форсунок и топливных систем [1].

Основным направлением совершенствования систем впрыска признан переход к многофазному впрыску, при котором распыл происходит при высоких величинах давления за исключением периодов открытия и закрытия иглы, а требуемая гладкая характеристика впрыска с пологим фронтом и впадиной обеспечивается кусочно-гладкими характеристиками фаз впрыска.

При создании систем многофазного впрыска проблемой является низкое быстродействие существующих форсунок, при котором ограничена скважность и возможность подачи топлива малыми

дозами, а также увеличивается доля цикловой дозы с низким качеством распыла на режимах открытия, закрытия и частичного приоткрытия форсунок.

Однако известен и другой путь достижения необходимого расхода и качества распыла топлива – ступенчатый впрыск, характеризуемый изменением общей площади и количеством распыливающих отверстий на этапе впрыска. В этом случае при сравнительно невысоком давлении можно обеспечить мгновенный расход, близкий к оптимальному для конкретного ДВС, и улучшить как качество смесеобразования, так и протекание рабочего процесса в целом. В результате можно ожидать значительного снижения токсичности выхлопных газов и повышения КПД ДВС.

Несмотря на указанные привлекательные возможности на этом направлении, в настоящее время нет сведений о практической реализации данного типа впрыска. Причиной такого состояния вопроса является сложность конструктивно-технологических решений при создании многоигольных форсунок и распылителей с независимым открытием разного количества распылительных отверстий. Особую сложность представляет необходи-

мость размещения нескольких седел с иглами и элементов управления их работой в очень малых габаритах, свойственных известным конструкциям форсунок.

Однако современные технологии могут обеспечить возможности для создания оригинальных конструкций как форсунок в целом, так и распылителей для них как наиболее проблемных элементов при рассматриваемом варианте управления процессом впрыска.

Один из вариантов конструкции такой форсунки представлен на рис. 1.

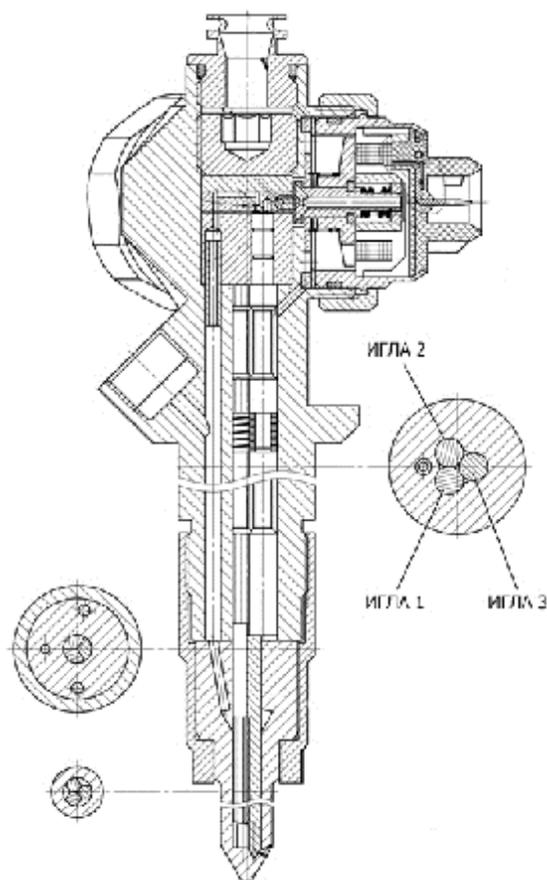


Рис. 1. Многоигольная форсунка

В связи с усложнением конструкции по сравнению с обычной игольной форсункой отсутствуют критерии по выбору геометрии её распылителя.

Поэтому особый интерес представляют факелы распыла топлива из распылительных отверстий. В представленной работе было проведено численное моделирование данных процессов.

Первым этапом моделирования было создание расчётной модели, для этого использовалась трёхмерная модель камеры сгорания и модель части корпуса с распылителем форсунки (рис. 2).

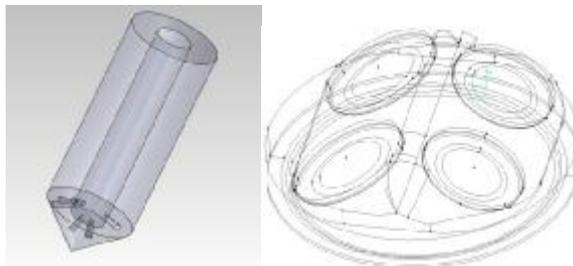


Рис. 2. Модель части корпуса с распылителем и модель камеры сгорания

Далее была получена расчётная модель, объём которой был импортирован в проект Fluid Flow в ANSYS Workbench, где была наложена тетраэдрагибридная конечно-элементная сетка компонентом Meshing и заданы граничные условия (рис. 3).

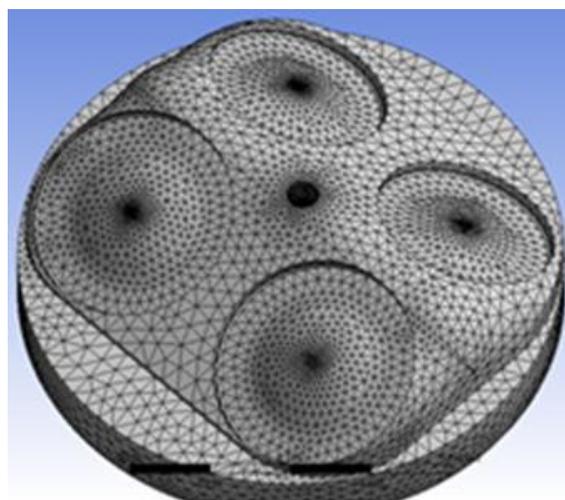


Рис. 3. Схема разбиения конечно-элементной сеткой

Далее сеточная модель импортируется в программный пакет ANSYS Fluent для расчёта [2]. В результате расчёта было получено распределение векторов скоростей потока в объёме камеры сгорания и факелов для 6 распыливающих отверстий.

Дополнительно аналогичным образом были созданы три модели, имеющие одно, два и три распыливающих отвер-

стия. Для них также были получены поля распределений скоростей по объемам камеры сгорания и факелов.

Полученные значения скоростей находятся в диапазоне 250-300 м/с, что укладывается в область оптимальных значений для форсунок.

Данные расчёты и дальнейший анализ ряда вариантов конструктивного исполнения многоигольных форсунок со ступенчатым впрыском подтверждают дальнейшую перспективность исследований и возможность реализации для различных топливных систем не только в но-

вых разработках, но также и путём модернизации уже существующих ДВС.

### Библиографический список

1. Форсунки ступенчатой подачи топлива [Текст] / В.В. Бирюк, В.А. Звягинцев, Б.К. Зуев, Ю.Д. Лысенко – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 420-423 с.

2. Батулин, О.В. Расчет течений жидкостей и газов с помощью универсального программного комплекса. Часть 3. Работа в программе Fluent [Текст]: учеб. пособие / О.В. Батулин, И.И. Морозов, В.Н. Матвеев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 115 с.

## MODELING DIRECT FUEL INJECTION BY A MULTIPIN NOZZLE INTO THE ICE COMBUSTION CHAMBER USING CAE/CAD-SYSTEMS

© 2013 V. V. Biryuk, S. S. Kayukov, A. A. Gorshkalev,  
D. A. Uglanov, Y. D. Lysenko, V. A. Zvyagintsev

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov  
(National Research University)

The paper describes a model of a combustion chamber with a multipin nozzle of a four-cycle four-cylinder internal combustion engine. The 3D-model is constructed in the Solid Works and ANSYS Gambit software complexes. The model is then exported to ANSYS Fluent for the calculation of the fuel injection processes.

*Designing ICE, CAD/CAE-systems, finite-element mesh, boundary conditions, fuel, injection.*

### Информация об авторах

**Бирюк Владимир Васильевич**, доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: тепломассообмен в закрученных потоках жидкости и газа, энергоресурсосбережение.

**Каюков Сергей Сергеевич**, инженер кафедры теплотехники и тепловых двигателей, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [street999@mail.ru](mailto:street999@mail.ru). Область научных интересов: моделирование процессов тепловых машин.

**Горшкалёв Алексей Александрович**, инженер кафедры теплотехники и тепловых двигателей, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [AGorsh@bk.ru](mailto:AGorsh@bk.ru). Область научных интересов: моделирование рабочих процессов тепловых машин.

**Угланов Дмитрий Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [dmitry.uglanov@mail.ru](mailto:dmitry.uglanov@mail.ru). Область научных интересов: рабочие процессы тепловых и холодильных машин, бортовая энергетика, энергосбережение.

**Лысенко Юрий Дмитриевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: системы топливоподачи двигателей.

**Звягинцев Виктор Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). Область научных интересов: системы топливоподачи двигателей.

**Biryuk Vladimir Vasilyevich**, doctor of technical science, professor, department of heat engineering and heat engines, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Area of research: heat and mass exchange in swirling fluid flows, energy conservation.

**Kayukov Sergey Sergeevich**, engineer of the department of heat engineering and heat engines, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: [street999@mail.ru](mailto:street999@mail.ru). Area of research: modeling work processes of heat engines.

**Gorshkalev Alexey Aleksandrovich**, engineer of the department of heat engineering and heat engines, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: [AGorsh@bk.ru](mailto:AGorsh@bk.ru). Area of research: modeling work processes of heat engines.

**Ugланov Dmitry Aleksandrovich**, candidate of technical science, associate senior lecturer of the department of heat engineering and heat engines, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: [dmitry.uglanov@mail.ru](mailto:dmitry.uglanov@mail.ru). Area of research: work processes of heat engines and refrigerators, airborne power supplies, energy saving.

**Lysenko Yuri Dmitrievich**, candidate of technical science, associate professor of the department of aircraft construction and quality management in engineering, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Area of research: engine fuel supply systems.

**Zvyagintsev Viktor Aleksandrovich**, candidate of technical science, associate professor of the department of aircraft construction and quality management in engineering, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). Area of research: engine fuel supply systems.